

VYSOKÁ ŠKOLA BÁNSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA  
FAKULTA STROJNÍ  
KATEDRA AUTOMATIZAČNÍ TECHNIKY A ŘÍZENÍ

**PROGRAMOVATELNÝ PRVEK SYSTÉMU  
INTELIGENTNÍ DOMÁCNOSTI**  
PROGRAMMABLE PART OF INTELLIGENT HOUSE  
SYSTEM

Autor práce: Lukáš Smolka  
Vedoucí práce: Ing. Jiří Kulhánec, Ph.D.

Ostrava 2015

## Zadání bakalářské práce

Student: **Lukáš Smolka**  
Studijní program: B2341 Strojírenství  
Studijní obor: 3902R001 Aplikovaná informatika a řízení  
Téma: Programovatelný prvek systému inteligentní domácnosti  
Programmable Part of Intelligent House System

Zásady pro vypracování:

1. Seznamte se s aktuálně používanými systémy a komunikačními protokoly inteligentních domácností.
2. Podrobněji popište systém inteligentní domácnosti založený na bezdrátovém protokolu z-wave.
3. Analyzujte možnosti rozšíření systému vlastním modulem založeným na komerčních vývojových deskách (Arduino, Raspberry aj.) nebo vlastní vývojové desce.
4. Pro zvolenou vývojovou desku vytvořte aplikaci komunikující s inteligentním domem, která umožní číst analogové a digitální vstupy a nastavovat výstupy.
5. Zhodnoťte dosažené výsledky a navrhněte směr dalšího řešení.

Seznam doporučené odborné literatury:

Diplomové práce realizované na katedře 352 v letech 2009 – 2014.

VLACH, J. Počítačová rozhraní, přenos dat a řídicí systémy. Praha, BEN-technická literatura, 1997, ISBN 80-85940-17-4.

WHITT, M. D. Successful Instrumentation and Control Systems Design. New York (USA): ISA, 2003. 360 p. ISBN 1-55617-844-1.

Z-Wave alliance, dostupné online z [www.z-wavealliance.org](http://www.z-wavealliance.org)

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jiří Kulháněk, Ph.D.**

Datum zadání: 13.12.2014

Datum odevzdání: 18.05.2015



doc. Ing. Renata Wagnerová, Ph.D.  
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

### **Prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ludgeřovicích dne 18. 5. 2015

.....

Lukáš Smolka

### **Prohlašuji, že**

- Byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo výdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- Bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- Beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ludgeřovicích dne 18. 5. 2015

.....

Lukáš Smolka

Smolka Lukáš

Horní 46,

747 14 Ludgeřovice

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval Ing. Jiřímu Kulhánkovi, Ph.D. za odborné vedení, za pomoc a rady při zpracování této bakalářské práce.

## Obsah

Seznam použitých symbolů a zkratk	4
1 Úvod	6
2 Systémy a protokoly používané v inteligentních domácnostech	7
2.1 Loxone – Smart Home Automation	7
2.2 Elektrobock cz	7
2.3 iNeals – smart home solutions	8
2.4 Jablotron 100	8
3 Protokol Z-Wave	9
3.1 Úvod	9
3.2 Řadiče a podřízené uzly	9
3.3 Kontrolní uzly, řadiče	10
3.4 Podřízené uzly	11
3.5 Domácí ID a uzlové ID	12
3.6 Přenosy	12
3.7 Sít'ová tabulka	14
3.8 Architektura protokolu – vrstvy	15
4 Možnosti rozšíření systému Z-Wave vlastním modulem	17
4.1 Raspberry Pi	17
4.2 Arduino	18

Bakalářská práce .....	2
4.3 Z-Wave síť s deskou Arduino .....	19
4.4 Síť Z-Wave a Arduino moduly jakožto senzory .....	20
5 Vlastní síť Z-Wave .....	22
5.1 Přidání či odebrání zařízení .....	24
5.2 Další funkce Z-Wave řadiče .....	25
5.3 Přenosný řadič v praxi .....	26
6 Deska Arduino a její vývojové prostředí .....	27
6.1 Arduino Proto Shield .....	27
6.2 Arduino Software .....	28
7 Fibaro universální binární senzor .....	29
8 Typová úloha .....	30
9 Vývoj vlastního koncového zařízení .....	34
9.1 Modul ZM3102N .....	34
9.2 Technická data modulu .....	35
9.3 Porovnání sérií 300, 400, 500 .....	39
10 Závěr .....	40
Použité zdroje a literatura .....	42

## Anotace

SMOLKA, Lukáš. 2015. *Programovatelný prvek systému inteligentní domácnosti*. Ostrava, 52 s. Bakalářská práce. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava. Vedoucí práce Ing. Jiří Kulháněk, Ph.D.

Tato bakalářská práce pojednává o dnes používaných systémech a protokolech, které dělají z obyčejných domácností chytré, či inteligentní domácnosti. Jsou zde popsány nejpoužívanější systémy v různých směrech a to jak ve směru zpříjemnění žití, tak v úsporách, i ve směru bezpečnosti. Podrobněji se zde rozebrán bezdrátový protokol Z-Wave, jeho přenosy, funkce a síťové rozdělení. Popsána se zde i možnost rozšíření této sítě o vlastní modul společnosti Arduino. Je zde i popsáno, jak udělat „mozkem“ síť desku, minipočítač společnosti Raspberry. Pro názornost, práce obsahuje příklad zakomponování desky Arduino do sítě Z-Wave. Na této desce je nahrát typový příklad, pro úplnou názornost tohoto spojení.

**Klíčová slova:** Z-Wave, Arduino, Fibaro, PS/2, scéna, uzel, Sigma Designs

## Annotation

SMOLKA, Lukáš. 2015. *Programmable Part of Intelligent House System*. Ostrava, 52 p. Bachelor thesis. VŠB - Technical University of Ostrava. Supervisor: Ing. Jiří Kulháněk, Ph.D.

This bachelor thesis discusses about today most used systems and protocols, which makes smart or intelligent household from ordinary one. There are described the most used systems in various directions. First is for make life more pleasant, second is for safe some money and the last is for safety. There is more described wireless protocol Z-wave, its transfers, functions and mesh sorting. Also there is described possibility to expand network with own Arduino device. There is also described how to make the "brain" of the network board, minicomputer Raspberry. For illustrate, in this thesis is example of including Arduino board to Z-Wave network. On this board is uploaded example program for complete illustration of this connection.

**Key words:** Z-Wave, Arduino, Fibaro, PS/2, scene, node, Sigma Designs



## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

API	Application Programming Interface – Sbírnka procedur, funkcí, protokolů, které může programátor využívat
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory – Elektricky mazatelná paměť, při novém zápisu se musí nejprve celá smazat
FLASH	Elektricky mazatelná paměť, lze zapisovat do každého bloku zvlášť. Při novém zápisu není třeba celá mazat.
GPRS	General Packet Radio Service – služba, která umožňuje uživatelům GSM mobilních telefonů připojení k internetu
GSM	Groupe Spécial Mobile – Globální systém pro mobilní komunikaci; celosvětový standart pro mobilní telefony
HD	High-Definition – vysoké rozlišení
ID	Identification – například identifikační číslo
LAN	Local Area Network – počítačová síť, která pokrývá malé území, například domácnost
LED	Light-Emitting Diode – dioda emitující světlo; polovodičová elektronická součástka s vlastností vyzařovat světlo
PDA	Personal Digital Assistant – Osobní digitální pomocník; malý digitální počítač, obvykle s dotykovou obrazovkou
RF	Radio Frequency – rádiová frekvence
SAW	Surface acoustic wave filters – Filtr, který převádí elektrické signály na mechanické vlny a naopak
SD	Secure Digital – paměťová karta používaná v přenosných zařízeních

---

SIS	Static update controller ID - primární řadič, který má schopnost dát funkci přijímat a odebírat uzly v síti ostatním řadičům
SMS	Short Message Service – krátká textová zpráva; služba dostupná pro většinu mobilních telefonů na světě
SPI	Serial Peripheral Interface – sériové periferní rozhraní. Používá se pro komunikaci mezi řídícími mikroprocesory a ostatními integrovanými obvody
SUC	Static Update Controller - statický řadič poskytující aktualizace
TRIAC	TRIode Alternating Current switch – triodový spínač střídavého proudu
TV	Television – zkratka pro televizi
UART	Universal Asynchronous Receiver and Transmitter – Zařízení pro sériovou komunikaci

# 1 ÚVOD

Automatizace zažívá v dnešní době obrovský „boom“, zejména v oblasti domácností. Existuje mnoho protokolů, které poskytují ono usnadnění, automatizaci. Pokud víme ještě před výstavbou domu, že budeme chtít „chytrou domácnost“, je zde možnost vše udělat pomocí vodičů. Pokud se rozhodneme udělat z naší domácnosti chytrou a máme dům již postavený, nejjednodušší je přistoupit k bezdrátovému řešení. Dobrým a jednoduchým řešením je protokol Z-Wave. Samozřejmě tento systém lze použít i do domu nového. Mnoho společností a firem vytváří koncová zařízení, která pomocí tohoto protokolu komunikují. Existuje nesčetně možností automatizace, od regulace světel až po zámek u dveří. Jako primární radič můžeme použít buďto komerční zařízení, příkladem je Veralite, nebo můžeme použít minipočítač Raspberry PI od společnosti Raspberry, stačí jej rozšířit dceřinou kartou RaZberry a máme spojení se systémem Z-Wave.

Cílem této bakalářské práce je se seznámit s dnes používanými systémy k automatizaci domácností. Dále podrobněji popsat dnes nejvíce uživatelsky přívětivý Z-Wave. A nejen, že je uživatelsky přívětivý, ale každý více zručný uživatel si tuto síť zprovozní sám. Dalším krokem je vložit do již fungující sítě vlastní modul, v tomto případě Arduino desku, který bude komunikovat pomocí protokolu Z-Wave.

Práce je rozdělena na dvě hlavní části. A to na část teoretickou, seznamování se s protokoly. A na část praktickou, samotné naprogramování a následná implementace modulu do systému.

## 2 SYSTÉMY A PROTOKOLY POUŽÍVÁNÉ V INTELIGENTNÍCH DOMÁCNOSTECH

V této části se seznámíme s vybranými systémy a protokoly, které se v dnešní době používají. Bude zde popis nepoužívanějších systémů, jejich možnosti a způsoby propojení.

### 2.1 Loxone – Smart Home Automation

*Systém Loxone* – tento systém nabízí kabelové i bezdrátové propojení prvků. Tam kde není možnost, či se kabelové propojení nevyplatí, nabízí systém bezdrátové prvky. Tyto prvky jsou například pro ovládání topení, poháněny bateriemi, nebo to mohou být prvky, aktory, které spouští osvětlení, či jiné elektrické spotřebiče. Další bezdrátové prvky jsou různé senzory nebo snímače. Srdcem celého systému je miniserver. Tento server se nabízí ve dvou variantách, a to pro nové domy a pro domy do kterých se systém instaluje dodatečně. Díky tohoto serveru se systém stává méně uzavřeným, vždy se do něj dají integrovat kterékoliv komplexní systémy, tím je myšlen například systém fotovoltaiky, atd.

Systém, který obsahuje jen zmíněné bezdrátové prvky, ovládá server, který se nazývá Loxone Air. Každý z těchto bezdrátových prvků dokáže signál jak přijímat, tak odesílat. Na primární radič, Air modul, lze připojit až 128 bezdrátových zařízení. [1]

### 2.2 Elektrobock.cz

Bezdrátový systém, který se zaměřuje výhradně na úsporu energie. Mozkem tohoto systému je centrální jednotka, která předává informace ovládacím prvkům pro spínání podlahového topení, radiátorů, ... Prvky pak posílají centrální jednotce zpět informace o provedení. Centrální jednotku můžeme ovládat pomocí počítače, PDA, nebo pokud použijeme modul GSM, můžeme jednotku ovládat i pomocí mobilního telefonu, pomocí SMS zpráv. My odešleme SMS zprávu, aby jednotka zvýšila teplotu, ta to udělá a pošle potvrzovací SMS zpátky. Pokud systém ovládáme pomocí počítače, či PDA, musíme nejprve připojit komunikační linku. Po dokončení konfigurace je možné linku odpojit, systém se bude řídit dle posledních nahranych informací.

Systém Elektrobock má stále co dohánět, nejvíce na vizualizační úrovni. Oproti jiným systémům není tak propracovaný pro uživatele, který žádá jednoduchost a možnosti ovládat více prvků současně. [2]

### 2.3 iNeals – smart home solutions

Tento systém nabízí obě varianty a to jak bezdrátovou, tak kabelovou elektroinstalaci.

V případě bezdrátového řešení iNEALS RF Control, máme možnost bezdrátově ovládat až ve vzdálenosti 200 metrů. Mozkem tohoto řešení je dotyková jednotka RF Touch. Ta může být umístěná kdekoliv v dosahu. Přes tuto jednotku lze celý systém naprogramovat i ovládat. Systém lze ovládat i jinými prvky, jako je například náš smartphone.

Možnost kabelového řešení je spíše pro ty, kteří stavějí nový dům, či provádějí kompletní rekonstrukci. Jelikož je vodič veden skrz celý dům ve stěnách. Výhodou oproti bezdrátovému řešení je dosah, v jednom objektu může být rozvedeno až 10 krát 550 metrů vodiče. Může se také dále rozšiřovat, největší výhodou oproti bezdrátovému řešení je asi to, že můžeme připojit spotřebiče třetích stran, tj. domácí spotřebiče, kamery, ...

Systém iNEALS pomáhá uživatelům spíše v komfortní oblasti. Stejně jako některé prvky u systému Loxone. Jsou to například aktory, které spouští žaluzie, stmívače světel, či termoregulátory. [3]

### 2.4 Jablotron 100

Bezdrátový i kabelový systém určený k ochraně objektů. Ovládací segmenty mají jednoduchou logiku semaforu, jsou umístěny nad sebou a mohou se postupně přidávat. Potvrzení stisku tlačítka se provádí pomocí karty, která se přiloží na čtecí plochu. Lze připojit mnoho detektorů a čidel. Od detektoru kouře, až po detektor zaplavení. Ústředna má vestavěný GSM/GPRS/LAN komunikátor.

Systém může být dostupný odkudkoliv a to díky internetové obsluze z počítače, či telefonu. [4]

### 3 PROTOKOL Z-WAVE

V této části práce se blíže seznámíme s bezdrátovým protokolem Z-Wave. Přiblížíme si prvky, které jsou v tomto systému běžné. Dále si vysvětlíme přenosy, které Z-Wave dokáže vysílat, respektive přijímat.

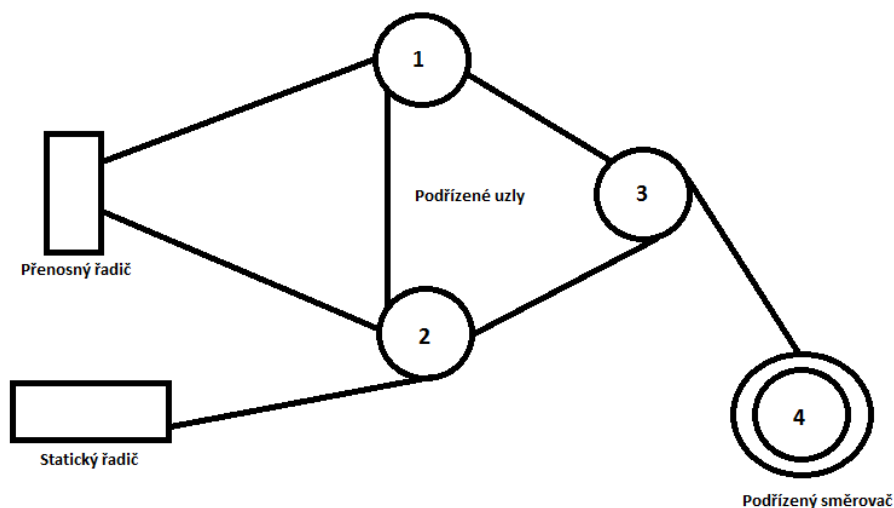
#### 3.1 Úvod

Bezdrátový komunikační protokol navržen zejména pro automatizaci domácností, ale to neznamena, že systém nemůže být v kancelářích, či jiných denně užívaných prostorech. Z-Wave je úzkopásmový protokol navržený pro spolehlivou bezdrátovou komunikaci v nízkonákladové řídicí síti. Jeho prioritním účelem je přenos řídicích povelů mezi koncovými zařízeními, nepodporuje datovou komunikaci. Největší síla tohoto protokolu je v tom, že každý prvek této sítě dokáže signál přeposílat. Takže pokud primární řadič nemá možnost odeslat signál na nejvzdálenější prvek, tak ho jednoduše pošle přes prvky, které jsou „po cestě“. [5]

Architektura se skládá ze čtyř hlavních vrstev. Vrstva řízení tvoří základnu, do její kompetence spadá definice fyzických parametrů přenosu. Vyšší vrstva známá jako transportní se stará o vše ohledně přenosu, jako například vysílá potvrzení, či v případě problémů zajistí, aby byl signál vyslán znovu. Tyto služby využívá sousední síťová vrstva. V případě, že spolu dva prvky nesousedí, zajistí mezi těmito prvky přenos. Čtvrtá a nejvyšší vrstva je aplikační, ta zpracovává a produkuje data přenášená sítí. Tyto vrstvy budou podrobněji popsány na konci třetí kapitoly.

#### 3.2 Řadiče a podřízené uzly

Z-Wave protokol má dva základní druhy zařízení. Tím prvním a důležitějším je řadič, či kontrolní uzel (controller), ten rozesílá příkazy ostatním uzlům v síti. Druhým základním zařízením je podřízený uzel (slave). Ten mimo to, že přijme a vykoná příkaz, který přijme od řadiče, také pošle příkaz dalším podřízeným uzlům, které jsou mimo dosah řadiče. [5]



Obr. 1 - Spojení vybraných uzlů

### 3.3 Kontrolní uzly, řadiče

Řadič je zařízení, které dokáže komunikovat se všemi uzly v síti Z-Wave. Funkčnost závisí na tom, kdy byl řadič do sítě přidán. Pokud byl řadič použit k založení nové Z-Wave sítě, tak se z něj stává primární řadič. Je to nejhlavnější uzel v celé síti a může být pouze jeden. Pouze primární řadič na funkci přijímat, či odebírat uzly ze sítě.

Řadiče, které byly přidány pomocí primárního řadiče, se nazývají sekundární řadiče, Ty už funkci pro přidávání a odebírání uzlů nemají.

Kontrolní uzly můžeme ještě rozdělit do čtyř kategorií, a to:

#### *Přenosné řadiče*

Tyto řadiče jsou konstruovány tak, aby mohly měnit polohu v rámci sítě. Používají mnoho metod pro určení stávající pozice a vypočítávají nejrychlejší cestu skrz síť. Je napájen baterií a mimo aktivitu je vypnut, dochází tak k úspoře energie. Příkladem takového řadiče může být dálkový ovladač.

#### *Statický řadič*

Je to řadič, který je stále na stejném místě. Svou pozici v rámci sítě nesmí změnit a neustále musí být napájen. Tím, že je stále napájen, může shromažďovat informace od podřízených uzlů, tím udržuje aktuální obraz o topologii sítě. Ve většině případů jde o sekundární řadič v síti Z-Wave. Příkladem takového řadiče je internetový router vybavený rozhraním Z-Wave.

*Statický řadič poskytující aktualizace (Static Update Controller)* – Tento řadič v síti Z-Wave není povinný. Má povolenou funkci *Static Update Controller (SUC)*, tato funkce dodává do sítě aktualizace. Dostane oznámení o změně v síti od primárního řadiče, který sleduje všechny změny v síťové topologii a tyto informace na žádost pošle ostatním řadičům a podřízeným uzlům. Primární řadič má funkci, která žádá statický řadič, aby se stal SUC. V celé Z-Wave síti může být pouze jeden SUC.

*SUC ID Server* – Z-Wave síť může mít SUC s povolením funkce ID serveru (SIS). Tento řadič povoluje ostatní řadiče k tomu, aby mohly přijímat, či odebírat uzly ze sítě, jeho jménem. SIS je primární řadič, protože má nejaktuálnější informace o změnách topologie v síti a taky může přijímat a odebírat uzly. Když SIS přijme další řadiče do sítě, tak již mají funkci přijímat a odebírat uzly jeho jménem. Tyto dodatečně přijaté řadiče nemohou být klasifikovány jako primární řadiče.

#### *Instalační řadič*

Tento řadič je přenosný s dalšími funkcemi, které dovolují dělat daleko sofistikovanější funkce k řízení a testování kvality sítě. Příkladem je řadič, který obsahuje instalační nástroj, který dovoluje programátoru nainstalovat rozhraní Z-Wave do uživatelské sítě.

#### *Můstkový řadič*

Řadič, který je rozšířením statického řadiče. Má funkci zavést do sítě řadiče, které mají funkci ke spojení Z-Wave sítě s jinými sítěmi. Můstkový řadič ukládá informace týkající se uzlů v Z-Wave síti. Navíc může ovládat dalších 128 virtuálních podřízených uzlů. Virtuálním uzlem je míněn podřízený uzel, který odpovídá podřízenému uzlu z jiné sítě. Zařízení v cizí síti se potom budou jevit jako podřízené uzly v Z-Wave síti. Příkladem je spojení širokopásmových a úzkopásmových zařízení k ovládání domácí techniky (domácí kino, TV, ...). [5]

### **3.4 Podřízené uzly**

Podřízený uzel má pouze nejzákladnější znalost a svém síťovém okolí. Dokáže přeposlat příkaz, ale jen pokud o to je řadičem požádán. Je to koncové zařízení, které je pomocí řadičů ovládáno. Příkladem podřízeného zařízení je reostat.



### *Podřízený směrovač*

Má skoro stejné funkce jako podřízený uzel. Největší rozdíl je v tom, že může poslat nevyžádané zprávy dalším podřízeným uzlům. Příkladem je infračervený pohybový senzor, po sepnutí pošle informace k rozsvícení například žárovky. Informaci může poslat pouze omezenému počtu podřízených uzlů.

### *Rozšířený podřízený směrovač*

Má stejnou funkci jako podřízený směrovač a také je umístěn v síti na stejném místě. Rozdíl je v tom, že rozšířený podřízený směrovač má hodiny reálného času a paměť EEPROM sloužící jako úložiště dat pro aplikaci. Příkladem může být meteorologická stanice. [5]

## **3.5 Domácí ID a uzlové ID**

Z-Wave síť se rozpozná pomocí tzv.: *domácí ID*, která je před programovaná, pro rozpoznání sítí. Je to 32 bitové číslo. A každá Z-Wave síť má toto ID unikátní. Všechny podřízené zařízení (uzly) mají domácí ID nastavené na hodnotu 0. Proto jim řadič přidělí stejné domácí ID, jako má on, aby mohli mezi sebou komunikovat

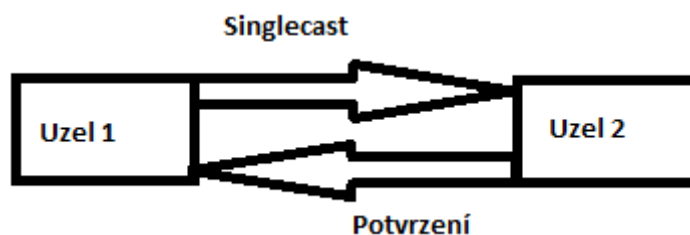
*Uzlové ID* se používá k mapování vybraných podřízených zařízení v síti. Je to 8 bitové číslo. Každý podřízený uzel má vlastní číslo, které přiděluje řadič. [5]

## **3.6 Přenosy**

Kontroluje transportní vrstva, obsahuje opakované přenosy a také potvrzení přenosu.

### *Singlecast*

Rámec je vždy přenášen do určitého uzlu. Uzel, který signál vyslal, čeká na potvrzení, pokud potvrzení dostane, přenos byl úspěšný. Pokud ne, informace se po náhodné době vyšle znovu. Náhodné zpoždění je kvůli možnosti kolize, aby se informace nevyslala ze dvou uzlů najednou.

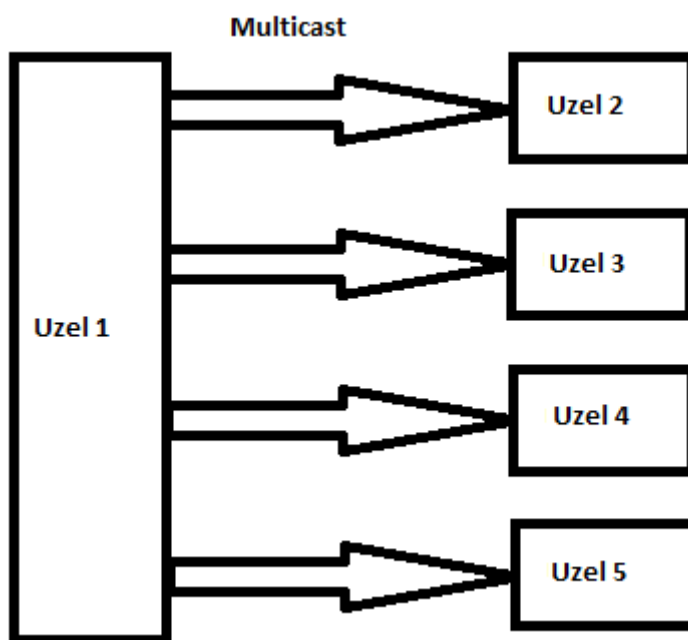


Obr. 2 - Singlecast přenos

Uzel 1 se jmenuje EEj a uzel 2 se jmenuje 04j. Singlecast je vyslán ve tvaru Dest=04j a potvrzení má tvar Dest=EEj.

### *Multicast*

Informace se vyšle z jednoho uzlu do více uzlů a to v rozmezí 1 až 232. Tento typ přenosu nepodporuje potvrzení. Pokud chceme spolehlivou síť, nemůžeme použít tento typ přenosu. Jestliže spolehlivá komunikace vyžaduje *multicast*, musí být následována *singlecast* přenosem, abychom dostali potvrzení o přijetí. [5]



Obr. 3 - Multicast přenos

Uzel 1 se zase jmenuje EEj a uzly 2, 3, 4, 5 se jmenují 01j, 02j, 03j, 04j. Multicast je vyslán ve tvaru Dest=01j, 02j, 03j, 04j. Potvrzení zpět vysláno není.

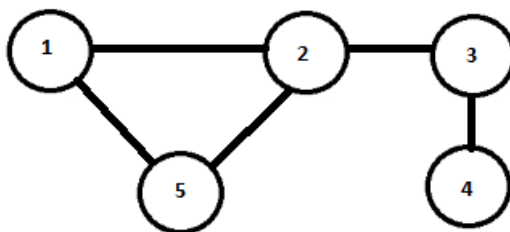
### Broadcast

Vyšle rámec všem uzlům v síti. Opět je to nepotvrzené vyslání. Pokud chceme *broadcast* použít ve spolehlivé síti, je potřeba, aby byl *broadcast* následován *singlecast* do každého jednotlivého uzlu.

### 3.7 Síťová tabulka

Patří do síťové vrstvy, její hlavní funkcí je směřovat rámce k cílům. Z-Wave podporuje technologii obecné sítě (mesh). Trasa, kudy půjde informace, je zvolena odesílatelem, který zná kompletní topologii sítě.

Informace o topologii sítě jsou uchovávané v síťové tabulce. Je to pole bitových hodnot. Příklad viz obr. 4 a Tab. 1. [5]



Obr. 4 - Síťová topologie

Tab. 1 - Síťová tabulka

x	1	2	3	4	5	6
1	0	1	0	0	1	0
2	1	0	1	0	1	0
3	0	1	0	1	0	0
4	0	0	1	0	0	0
5	1	1	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0

### 3.8 Architektura protokolu – vrstvy

#### *MAC vrstva*

Tato vrstva obsahuje mechanismus, který zabraňuje střetům. To znamená, že zabraňuje uzlům vysílat, pokud zrovna vysílá jiný uzel. Tato akce se provede jednoduše, a to tak, že uzly, které nevysílají, jsou uvedeny do přijímacího režimu. Tento mechanismus je aktivní na všech připojených uzlech.

Přenos rámce je vždy zpožděný o náhodný počet milisekund. Rámec vždy obsahuje úvod *SOF*, informace v rámci, a konec rámce *EOF*. [5]



Obr.5 - Struktura rámce MAC vrstvy [5]

#### *Transportní vrstva*

Tato vrstva kontroluje přenosy mezi dvěma uzly. Taktéž se stará o opětovné vyslání signálu v případě nějakého problému. V každém rámci zkontroluje kontrolní součet rámce. A nakonec taky kontroluje potvrzení uzlu o přijetí signálu.

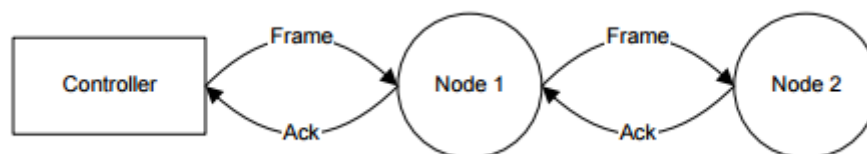
Transportní vrstva obsahuje čtyři formáty rámce používané k přenosu příkazů v síti. Všechny čtyři rámce používají následující rozložení: *Home ID*, *ID cílového uzlu*, *hlavička rámce*, *délka rámce*, *cílová adresa v síti*, *příkazy*, *kontrolní součet*. Čtyřmi formáty jsou myšleny přenosy: *Singlecast*, *Multicast*, *Potvrzovací rámec (jednoduchý singlecast, ale příkazy jsou rovny 0)*, *Broadcast*. Všechny tyto přenosy jsou popsány v kapitole 3.6. [5]

#### *Síťová vrstva*

Tato vrstva kontroluje, zda-li rámce putují tam kde mají, de facto kontroluje „cestu“ rámce. Primární řadiče i sekundární řadiče se mohou podílet na této kontrole, ale jen v případě, že mají statickou pozici v rámci sítě. Tato vrstva má tři hlavní úkoly. Posílání správného rámce. Dále zajišťuje, aby byl rámec posílán z uzlu na uzel, pokud

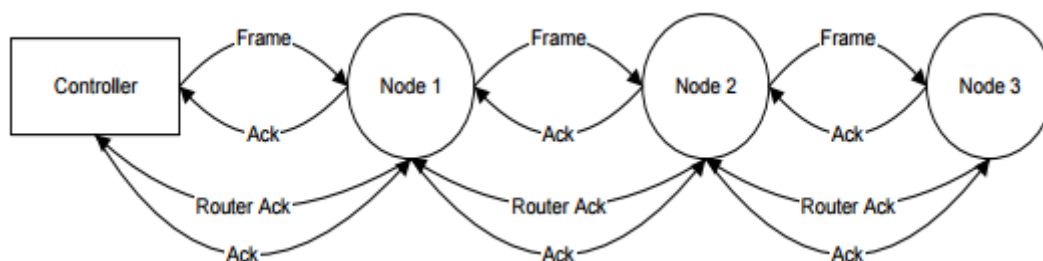
je cílový uzel mimo dosah primárního řadiče. Další neméně důležitý úkol této vrstvy je mapovat topologii celé sítě a ukládat ji do primárního řadiče.

Pokud je nutné přeposílání příkazu z uzlu na uzel, potom má tato vrstva dva typy rámců. První z nich je *singlecast*, ten je přeposílán tak dlouho, dokud nedosáhne cílové adresy.



Obr.6 - Posílání příkazu a jeho potvrzení, singlecast [převzato z 5]

Druhý z nich je *potvrzovací*, základ je v obyčejném *singlecast* přenosu, ale má navíc potvrzení. Primární řadič pošle informaci o odeslání příkazu a cílový uzel následně pošle potvrzení o přijetí příkazu. Výhoda je, že takovéto potvrzování obsahuje mnohem méně informací a tudíž je možnost ztracení, či znehodnocení takového signálu téměř nulová. [5]



Obr.7 - Posílání příkazu a jeho potvrzení, potvrzovací [převzato z 5]

### *Aplikační vrstva*

Tato vrstva je zodpovědná za dekodování a provedení příkazu, které obdrží od sítě. Příkazy mohou být dvojího charakteru. Provozního charakteru, slouží k aktualizaci síťových tabulek. Nebo to může být příkaz k samotnému vykonání aplikace. [5]

## 4 MOŽNOSTI ROZŠÍŘENÍ SYSTÉMU Z-WAVE VLASTNÍM MODULEM

V této kapitole bude popsáno, jak lze systém řízený Z-Wave protokolem rozšířit, či do něj implementovat vlastní koncový prvek.

### 4.1 Raspberry Pi

*Raspberry Pi* je malý počítač o velikosti kreditní karty. Podle údajů, které výrobce udává, je zjevné, že nejde o plnohodnotnou náhradu za stolní počítač. U základního modelu *Raspberry Pi* máme k dispozici procesor, který pracuje na frekvenci 700MHz, operační paměť o velikosti 256MB nebo 512MB. Tento mini počítač podporuje FULL HD video, interní paměť zastupuje SD karta, na kterou je zde připravený slot. V dnešní době již existuje mnoho modifikací, zmenšené desky, výkonnější desky, ale základ je pořád obdobný. Máme k dispozici mnoho rozšiřujících desek od kamer až po displeje.



Obr. 8 - Raspberry Pi model B+ [6]

*RaZberry* – je dceřiná karta společnosti *Raspberry*, která po připojení k základní kartě umožňuje navázat kontakt s protokolem Z-Wave. [6]



Obr. 9 - Karta RaZberry [6]

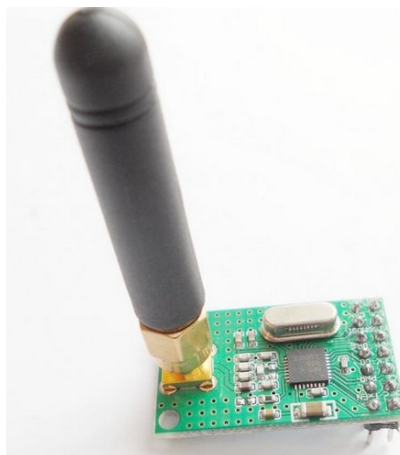
## 4.2 Arduino

*Arduino* je otevřená elektronická platforma, díky uživatelsky jednoduchému prostředí je tato platforma určena pro všechny programátory. Díky různým vstupům je schopen vnímat okolní prostředí. Odlišnost od *Raspberry* je v celkovém výkonu. Zatímco na desce *Raspberry Pi* může dokonce běžet operační systém, tak na *Arduino* desce by takový operační systém nerozběhl. *Arduino* desky slouží k tomu, aby na nich byl nahrát jeden program, zatímco *Raspberry Pi* může těchto programů vykonávat více najednou. Platforma *Arduino* je rozšířenější a to díky nejrozličnějším přídatným modulům. Dále je možnost shlédnout různé zdrojové kódy na internetu, samozřejmě i cena je daleko příznivější.



Obr. 10 - Arduino UNO R3 [7]

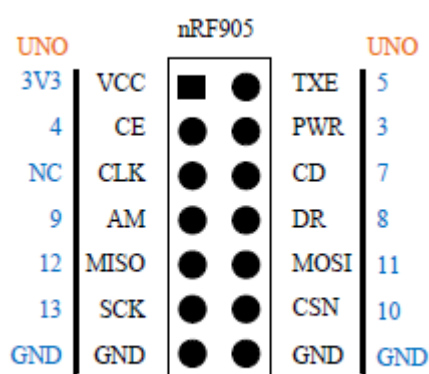
*Wireless module* – pokud chceme, aby náš arduino mini počítač pracoval na Z-Wave frekvenci, musíme ho propojit s tímto modulem. [7] Samozřejmě toto není jediná možnost spojení, ale je nejjednodušší.



Obr. 11 - Wireless module pro Arduino [7]

### 4.3 Z-Wave síť s deskou Arduino

Jak již bylo zmíněno v kapitole 4, pokud chceme použít Arduino desku jako řadič Z-Wave sítě, musíme ho propojit s tzv.: Wireless module (typ NRF905) viz obr. 11. Na obrázku je sice uvedeno zapojení pro desku *UNO*, ale vyznačené piny se nachází na kterékoliv *Arduino* desce.



Obr. 12 - Propojení pinů Arduino Uno a nRF905 [převzato z 7]

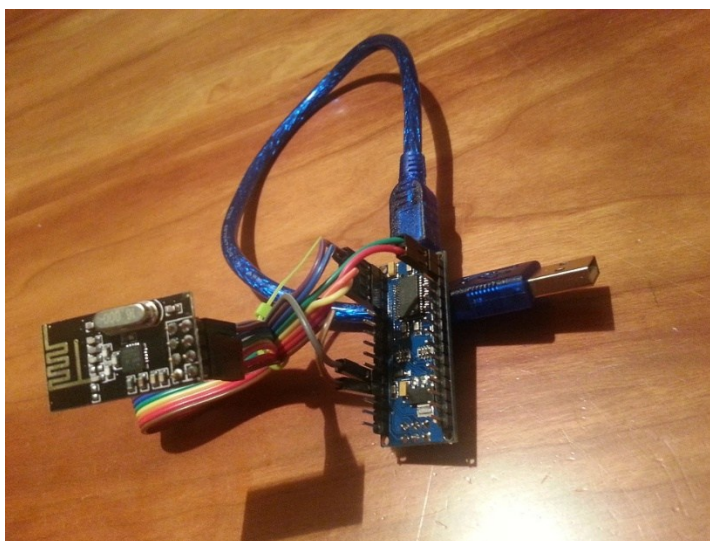


#### 4.4 Síť Z-Wave a Arduino moduly jakožto senzory

Toto řešení je to nejlevnější, které lze vůbec vymyslet. Základ vychází z primárního řadiče, jenž je na obr. 15. Přes USB vstup připojíme „kit“, který se skládá z desky Arduino Nano a přijímače typu nRF24L01. Komponenty musíme propojit dle tab. 2.

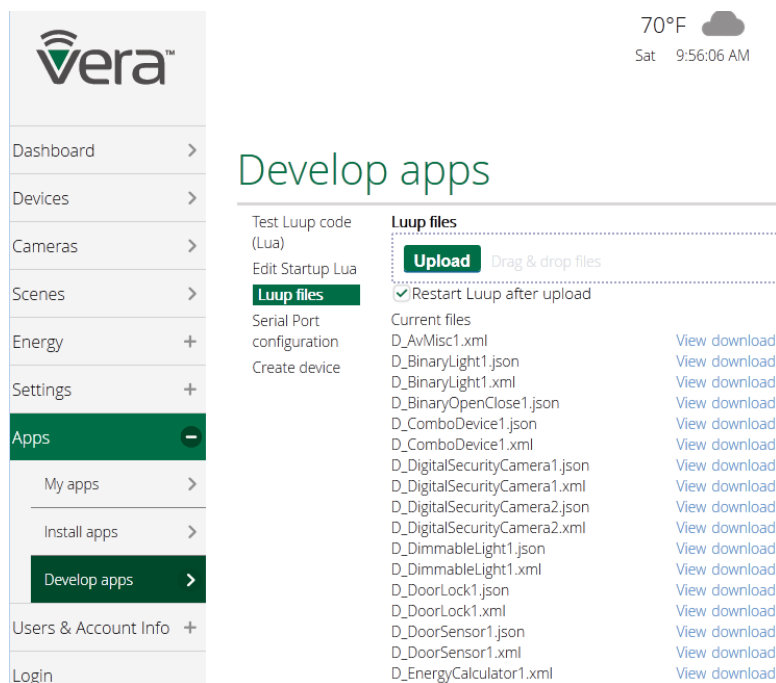
Tab. 2 - Propojení pinů nRF24L01 a Arduino NANO

Signal	nRF24L01	Barva vodiče	Arduino NANO
GND	1	Hnědý	GND
VCC	2	Červený	3,3V
CE	3	Oranžový	9
CSN	4	Žlutý	10
SCK	5	Zelený	13
MOSI	6	Modrý	11
MISO	7	Purpurový	12
IRQ	8	Šedý	2



Obr. 13 - Kit nRF24L01 a Arduino NANO [8]

Na náš primární radič (v našem případě Vera Lite) nainstalujeme Arduino bránu. To uděláme přes webové rozhraní. Pomocí záložky Apps nahrajeme několik Luup souborů, které zajišťují komunikaci. Tyto Luup soubory jsou již naprogramované a dostupné na stránkách uvedených v odkazu [8].



Obr. 14 - Nahrání Luup souborů

A konečně abychom komunikaci „rozjeli“ musíme vytvořit nové zařízení, a to pomocí záložky Create device. Do řádku Upnp Device Filename zadáme D\_Arduino1.xml a klikneme na Create Device. Poté nakonfigurujeme port v záložce Serial Port configuration.

Další moduly, různé aktory, či měřiče, musí být vybaveny přijímačem nRF24L01. Jediná potíž je v tom, že radič vyšle signál, ale ten je bez potvrzení, tzv. jednosměrná komunikace. Spojení již není v Z-Wave frekvenčním pásmu, ale vše probíhá na frekvenci 2,4GHz. [8]

## 5 VLASTNÍ SÍŤ Z-WAVE

Na obr. 15 můžeme vidět, jak vypadá primární řadič, který slouží k samotnému založení domácí sítě Z-Wave. Technická specifikace je k nalezení v tab. 3.



Obr.15 - Vera Lite server

LED diody indikují stav řadiče, první z nich indikuje, zda-li je řadič zapnutý, druhá indikuje, zda je řadič připraven a třetí z LED diod ukazuje, jestli je řadič připojen k síti. Řadič může být napájen ze sítě nebo může fungovat na baterie.

### *Technická specifikace*

Tab. 3 – Vera lite specifikace

CPU	500MHz
Paměť RAM	DDR2 64MB
Paměť ROM	32MB
USB slot	1
Ethernet slot	1
Z-Wave	Zabudovaná s integrovanou anténou

Napájení	12V DC
Baterie	4x AA

Koncové zařízení, v mém případě ovládaná zásuvka, viz obr. 16 a technická specifikace viz tab. 4, je ovládaná přes webové rozhraní, viz obr. 17. Na tuto zásuvku může být napojen jakýkoliv spotřebič a pomocí webového rozhraní se dá kdykoliv sepnout. Na zásuvce je LED dioda, která indikuje stav. Pokud svítí, znamená to, že je zásuvka zapnutá. Pokud nesvítí, tak naopak. Samozřejmě stiskem tlačítka ručně, jde zásuvka zapnout i vypnout. Při trojitém stisku uvedeme zařízení do include či exclude módu. Toto koncové zařízení umí navíc měřit spotřebu napojených spotřebičů.

#### *Technická specifikace*

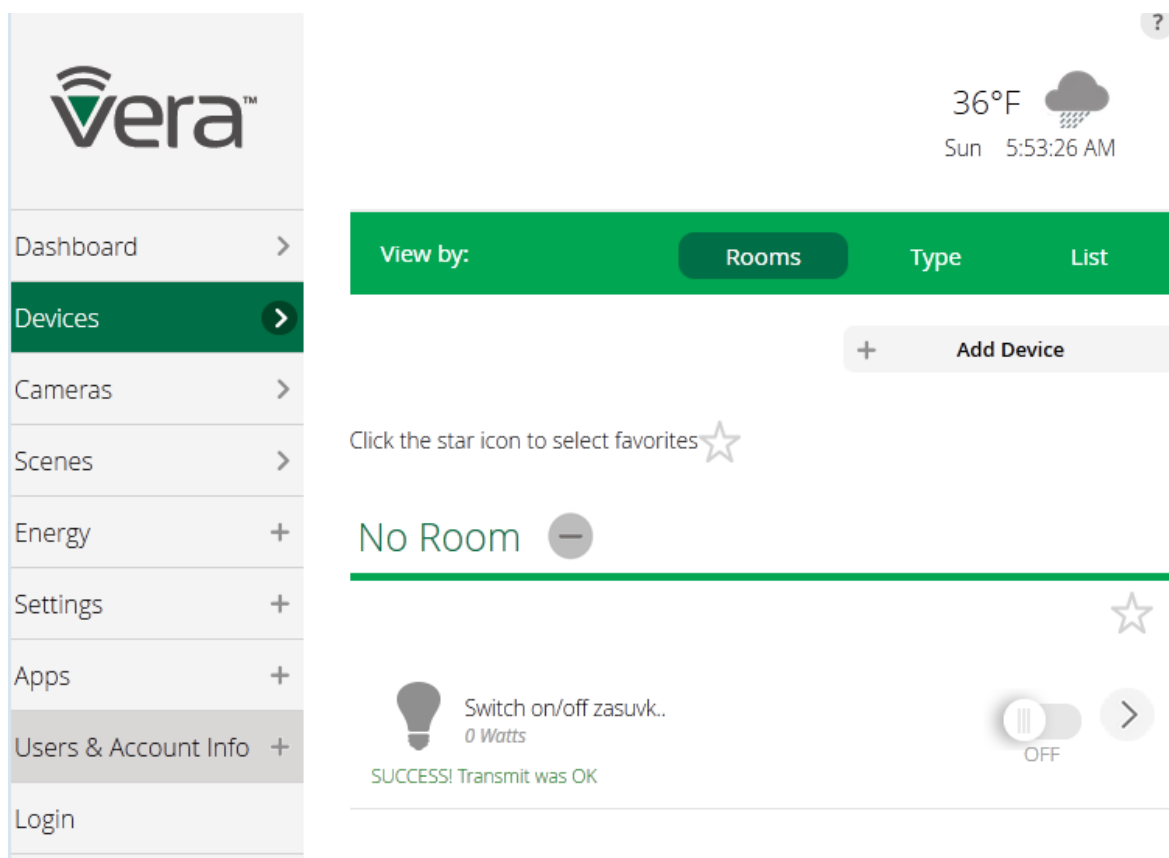
Tab. 4 – Ovladatelná zásuvka (Everspring AN158)

Operační napětí	230V/50Hz
Maximální zatížení	3000W
Efektivní dosah	100 m (otevřené prostředí)
Operační teplota	0°C – 40°C
Frekvence	868,42 MHz



Obr.16 - Ovládaná zásuvka

Pomocí webového rozhraní můžeme celou Z-Wave síť ovládat. Jsou zde funkce na přidávání či odebrání zařízení.



Obr. 17 - Webové rozhraní Vera Lite

## 5.1 Přidání či odebrání zařízení

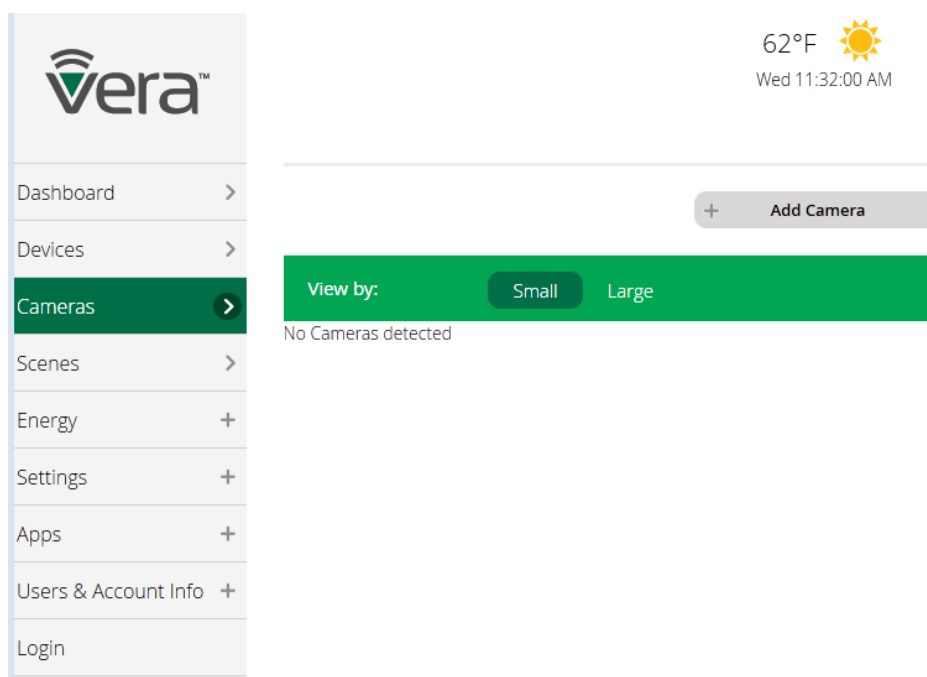
Pokud chceme přidat či odebrat zařízení, musíme udělat vše ve webovém rozhraní. Vybereme si zařízení, které chceme přidat. Řadič nám dává na výběr určité možnosti.

Jaké bude mít koncové zařízení užití, a v těchto možnostech ještě vybíráme výrobce. Pokud naše koncové zařízení vyrobil výrobce, který není v možnostech, vybereme jednoduše možnost obecné Z-Wave zařízení.

Na koncovém zařízení zapneme inclusion mode, postup je vždy v přiloženém návodu. U většiny zařízení se mačká třikrát během určitého časového intervalu on/off tlačítko. Ve webové aplikaci řadiče spustíme vyhledávání a zařízení se přidá automaticky, samozřejmě se zeptá na určité konfigurační informace.

## 5.2 Další funkce Z-Wave řadiče

Zařízení se dají rozdělit do různých lokací, dokonce i do různých pokojů. Na svůj řadič můžeme stáhnout různé aplikace, které se o naši domácnost budou starat za nás. Pokud máme napojené kamery v Z-Wave síti, v sekci „cameras“, můžeme sledovat obraz.



Obr. 18 - Kamery ve webovém rozhraní

### 5.3 Přenosný radič v praxi

Jako přenosný radič může sloužit například náš smartphone. V mém případě to byl smartphone s operačním systémem Android. Pomocí stažené aplikace se dokážeme napojit na náš primární radič. V aplikaci máme omezený počet funkcí. Ale základní funkce jako je ovládání zařízení, rozdělování zařízení do pokojů a kontrolu sítě k dispozici máme.

#### *Aplikace Home Buddy (pro systémy Android)*

Tato aplikace dokáže ovládat Z-Wave zařízení v síti. Samozřejmě že mobilní telefon nekomunikuje po Z-Wave frekvenci. Server Vera Lite je napojen do stejné sítě jako je náš smartphone. Smartphone vysílá příkazy pomocí wifi sítě. Do aplikace se zadává pár základních informací, jako je IP adresa a číslo serveru Vera Lite.



Obr. 19 - Prostředí mobilní aplikace

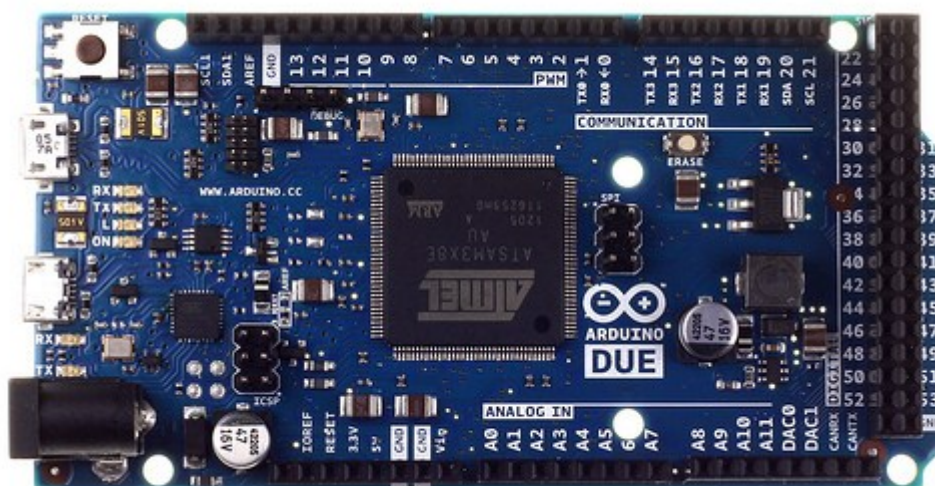
#### *Aplikace pro kontrolu Z-Wave pro jiné operační systémy*

I pro další operační systémy smartphonů existují aplikace na kontrolu Z-Wave sítě. Pro iOS je to například *HomeWave*, pro Windows phone to je *ZwaveControl*.



## 6 DESKA ARDUINO A JEJÍ VÝVOJOVÉ PROSTŘEDÍ

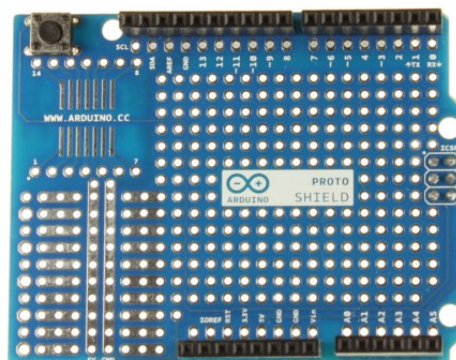
V této kapitole popíšu blíže desku, kterou jsem si vybral k dalšímu postupu. Jedná se o desku *Arduino Due*. Deska obsahuje 54 digitálních vstupních resp. výstupních pinů, dále 12 analogových vstupů. Deska se jednoduše připojí pomocí USB kabelu k počítači a okamžitě se může začít pracovat. Díky připojení pomocí USB je pracovní napětí 5V.



Obr. 20 - Deska Arduino Due

### 6.1 Arduino Proto Shield

Tento modul je určen pro tvorbu vlastního příslušenství k vývojovým deskám Arduino. Na modul můžeme například přidat adaptér na SD kartu, či wifi adaptér, atd... V mém případě to jsou dvě LED diody, relé a konektor pro připojení PS/2 klávesnice.



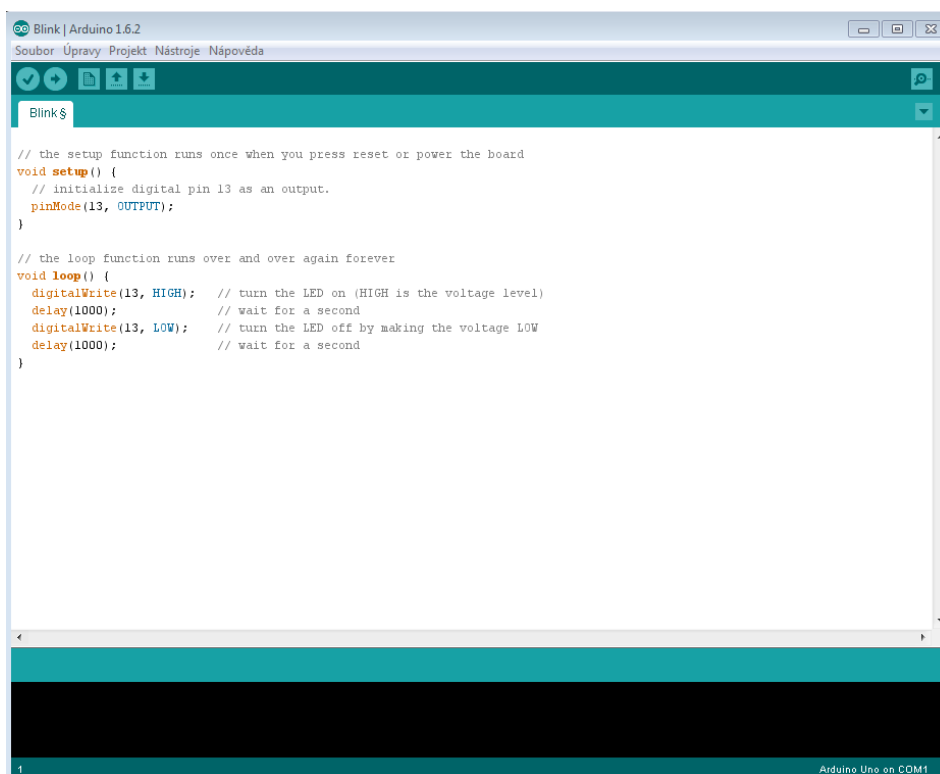
Obr. 21 - Modul Proto Shield



## 6.2 Arduino Software

Je to takzvaný open-source, což znamená, že software má otevřený zdrojový kód, může jej využívat kdokoli. Tento software nám umožňuje psát zdrojové kódy a následně je nahrát na vývojovou desku. Software běží na všech nejznámějších platformách (Windows, MAC OS, Linux). Vývojové prostředí je vyvinuto v Javě a může být použito k naprogramování jakékoliv Arduino desky.

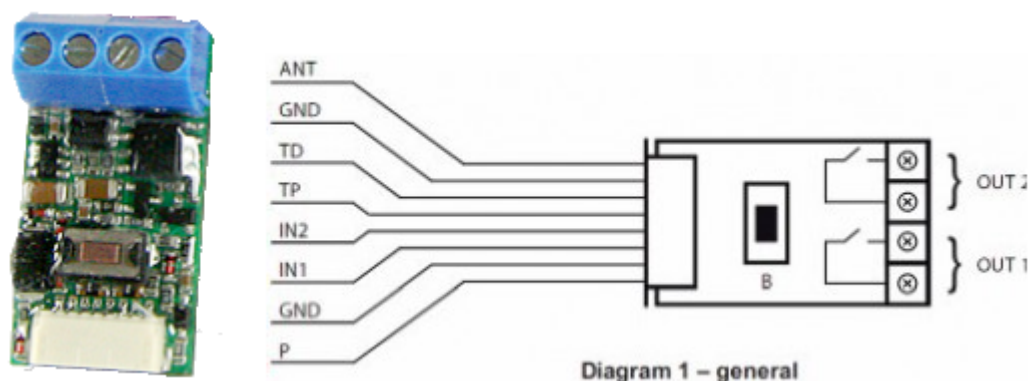
Samotný software nám poskytuje nejrozumnější usnadnění. Můžeme si vybrat různé předpřipravené příklady kódu. Nejjednodušším příkladem je možnost „BLINK“, tento kód zapíná a vypíná LED diodu v určitých časových intervalech v nekonečné smyčce.



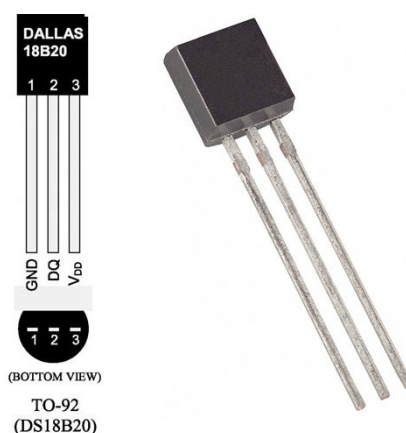
Obr. 22 - Vývojové prostředí Arduino s programem Blink

## 7 FIBARO UNIVERSÁLNÍ BINÁRNÍ SENZOR

Je to modul, který umožňuje zlepšit funkcionalitu jakéhokoliv snímače s binárním výstupem tím, že umožní komunikaci s bezdrátovou sítí Z-Wave. Mimo to umožňuje komunikaci mezi teplotními čidly DS18B20 a primárním řadičem Z-Wave sítě. Senzor může být také použit ve vlhkém prostředí, či v prostředí s vysokou teplotou. Tento senzor je instalován zejména v místech, kde je potřebný bezdrátový sběr dat z čidel. Hlavní funkce je integrace do Z-Wave sítě. Senzor obsahuje dva binární vstupy a dva na nich závislé výstupy. Vstupy označené jako IN a IN2 jsou bezpotenciálové. To znamená, že pokud jsou vstupy ve „vzduchu“, tak je kontakt rozepnutý, ale pokud uzemní, kontakt sepne. To platí pro oba vstupy stejně. Senzor dále obsahuje vstupy na teplotní čidla DS18B20 (jdou připojit až čtyři tyto čidla).



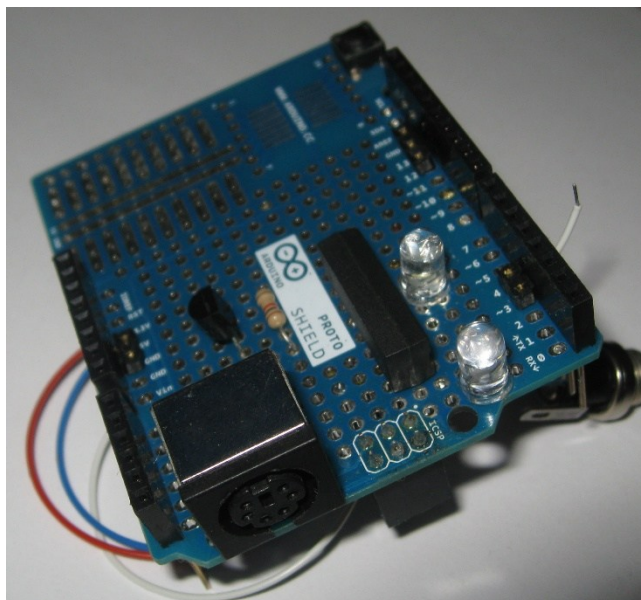
Obr. 23 - Universální binární senzor [9]



Obr. 24 - Teplotní čidlo DS18B20 [9]

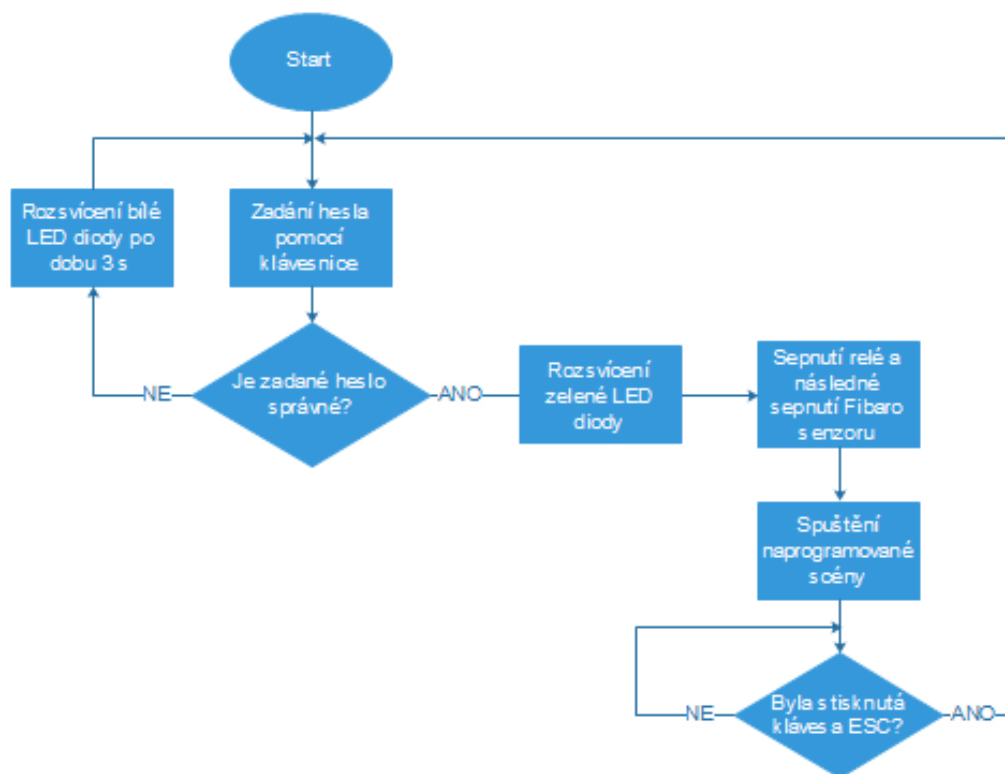
## 8 TYPOVÁ ÚLOHA

Na svou vývojovou desku Arduino Due jsem přidal Proto Shield na němž je příslušenství, jako jsou dvě LED diody, relé, tranzistor, odpor a PS/2 konektor pro připojení klávesnice.



Obr. 25 – Shield s příslušenstvím

Ve vývojovém, prostředí Arduino jsem vytvořil program (viz příloha A), který rozsvítí zelenou diodu po zadání správného hesla pomocí klávesnice. Společně s LED diodou sepne relé, které je napojeno na Fibaro univerzální senzor. Relé tento senzor uzemní a to je signál, aby Fibaro senzor vyslal informaci primárnímu řadiči. Primární řadič provede proceduru, takzvanou scénu, kterou jsme si sami nastavili. V mém případě sepne zásuvku, která rozsvítí lampu. V reálném prostředí to nemusí být zásuvka, ale může to být motůrek, který odemkne dveřní západku. Po stisku klávesy ESC začíná program znovu. Pokud není zadane heslo správné, rozsvítí se druhá, bílá dioda, po dobu tří sekund. Hned po této proceduře se může zadávat nové heslo. Přirozeně by šel program upravit, tak aby byl uživatelsky příjemnější, například po zadání hesla třikrát špatně by odeslal upozornění majiteli domu na mobilní telefon. To vše už by záleželo na domluvě se spotřebitelem. Na následujícím obrázku je program reprezentován zjednodušeným vývojovým diagramem.



Obr. 26 - Zjednodušený vývojový diagram programu s heslem

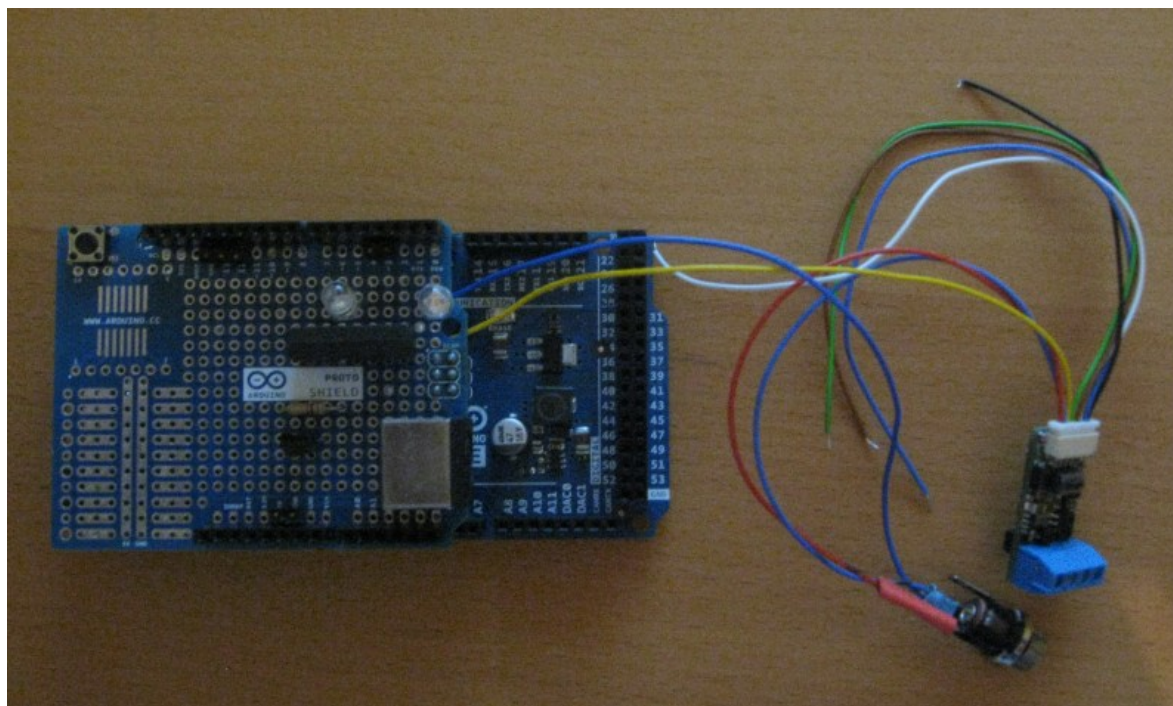
Druhý program (viz příloha B) rozsvítí pouze zelenou diodu, to znamená, že sepne relé, které zase uzemní Fibaro senzor. Uzemnění se ve webovém rozhraní primárního řadiče tváří jako spuštění. To vše nastane po stisku a přidržení klávesy TAB (samozřejmě lze nastavit na jakoukoliv jinou klávesu). Po uvolnění klávesy se dioda zhasne, s tím se vypne i vše ostatní. Tento program by se dal využít v panelových domech na otevírání hlavních dveří, namísto mačkání nějakého mechanického tlačítka by uživatel mačkal tlačítko na svém mobilním telefonu.

Spojení klávesnice s deskou Arduino je realizováno pomocí PS/2 rozhraní. Tato klávesnice se dá nahradit menší klávesnicí, přímo vyvinutou pro Arduino. PS/2 rozhraní je zde použito pro zajímavost.

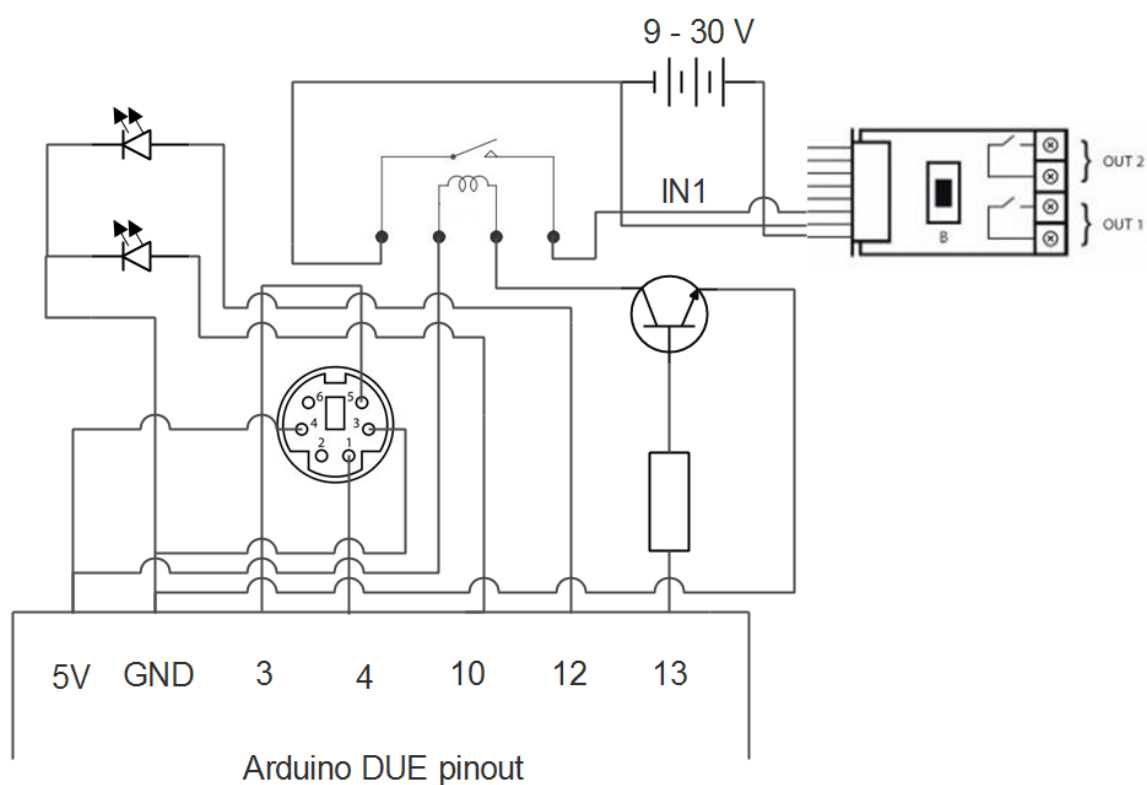


Obr. 27 - Spojení PS/2 klávesnice s Arduinem

Jak již bylo zmíněno klávesnice s Arduinem je spojené s Fibaro senzorem. Tento senzor je spouštěn pomocí relé, které je na Proto Shieldu. A ten je pomocí bezdrátové Z-Wave komunikace připojen na primární Vera řadič.



Obr. 28 - Spojení Arduina a univerzálního senzoru



Obr. 29 - Schéma zapojení

*Použité součástky*

*PS/2 rozhraní* – Konektor Mini-DIN MDD6BB

*Odpor* – Rezistor pevný RU 1K 0207 0,25W 5% (odpor 1000  $\Omega$ )

*Tranzistor* – Bipolární tranzistor BC337 B011

*Relé* – Jazýčkové relé COSMO RELES1A 050 000

*LED dioda* - Huey Jann Typ HB5–439YW, JSL-502PGC

## 9 VÝVOJ VLASTNÍHO KONCOVÉHO ZAŘÍZENÍ

Vlastním zařízením myslím zařízení, které bude komunikovat jinak než přes komerčně prodáváný senzor. V mém případě to je senzor Fibaro, který by měl nahradit modul od společnosti Sigma Designs. Hlavní rozdíl je v tom, že senzor Fibaro má napevno naprogramované dva binární vstupy a další čtyři teplotní. Nic jiného už senzor neumí. Na rozdíl modulu od Sigma Designs, díky tomu, že si jej můžeme sami naprogramovat, dokáže nabídnout de facto cokoliv. Vstupy mohou být analogové, digitální nebo může přenášet například obraz.

Sigma Designs vyvinula spoustu modulů, které komunikují pomocí Z-Wave protokolu. V této práci blíže rozeberu modul série 300. Samozřejmě uvedu nejhlavnější rozdíly mezi sérií 300, 400 a nejnovější sérií 500.

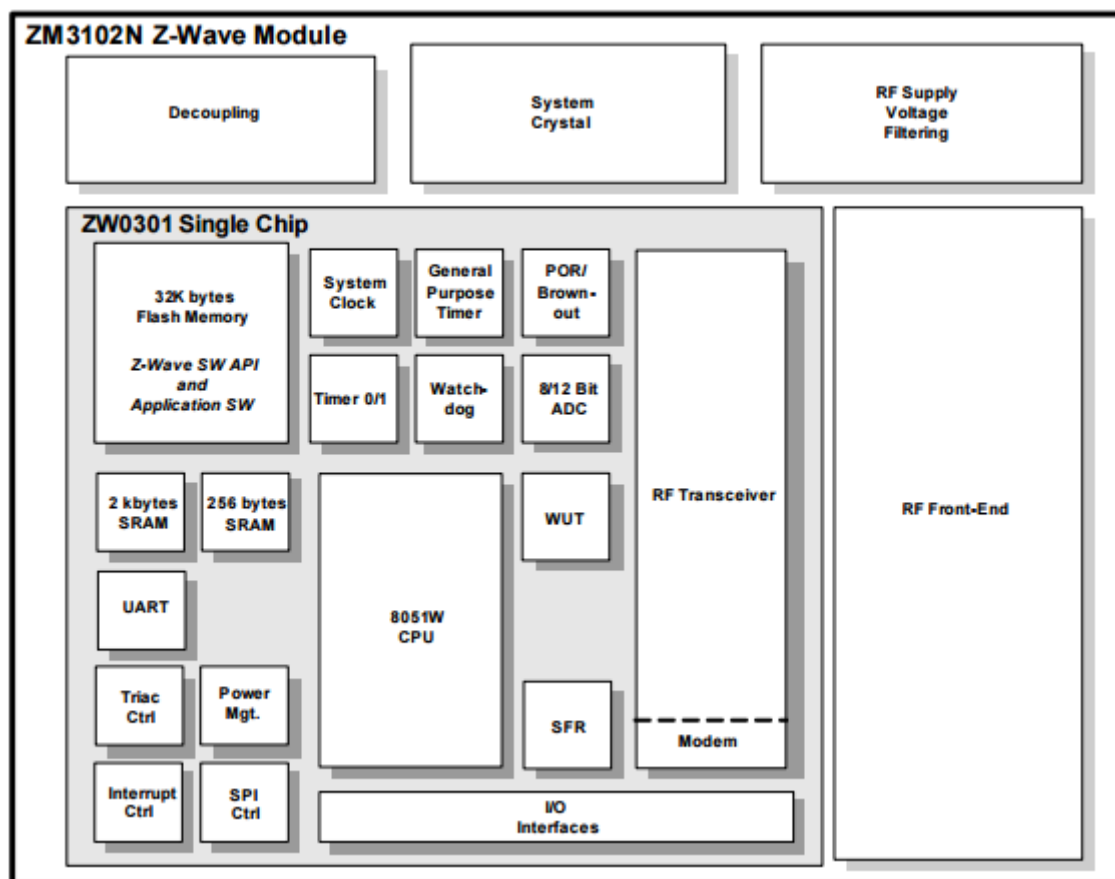
### 9.1 Modul ZM3102N

Tento modul je má všechny náležitosti proto, aby mohl komunikovat pomocí úzkopásmového frekvence. V Evropě to je 868,0 – 868,6 MHz. Tento modul je výhradně zaměřený pro bezdrátové ovládání a řízení zařízení, které se nacházejí v domácnostech. Jsou to například světla, zásuvky, zabezpečení přístupu například ke vstupu do budovy, ...

Tento modul společně s patentovaným Z-Wave protokolem tvoří spolehlivé zařízení k bezdrátové komunikaci. Přičemž dokáže používat všechny typy rámců. Jednoduše splňuje vše co má koncové zařízení v síti Z-Wave splňovat.

ZM3102N obsahuje chip ZW0301, krystal s rezonanční frekvencí dle regionu, RF obvody. Samotný chip ještě obsahuje RF vysílač, mikrokontrolér, SRAM a paměť typu FLASH pro Z-Wave protokol. Tímto se velmi usnadňuje vývoj koncových zařízení pro menší výrobce. Již se nemusí zabývat programováním samotné komunikace. [10]



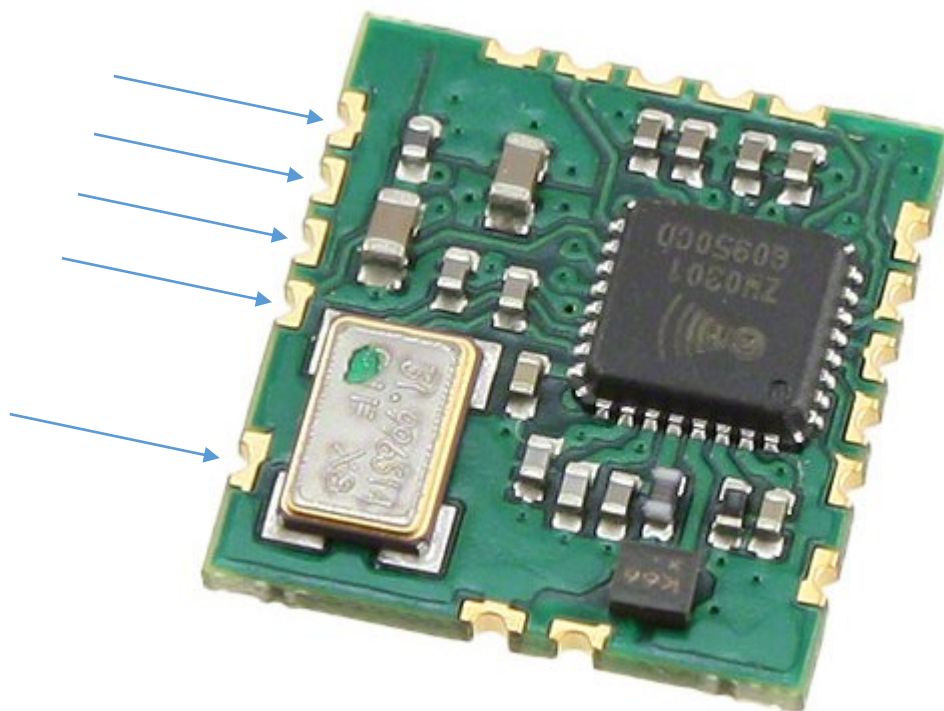


Obr. 30 - Vnitřní struktura modulu ZM3102N (převzato z [10])

## 9.2 Technická data modulu

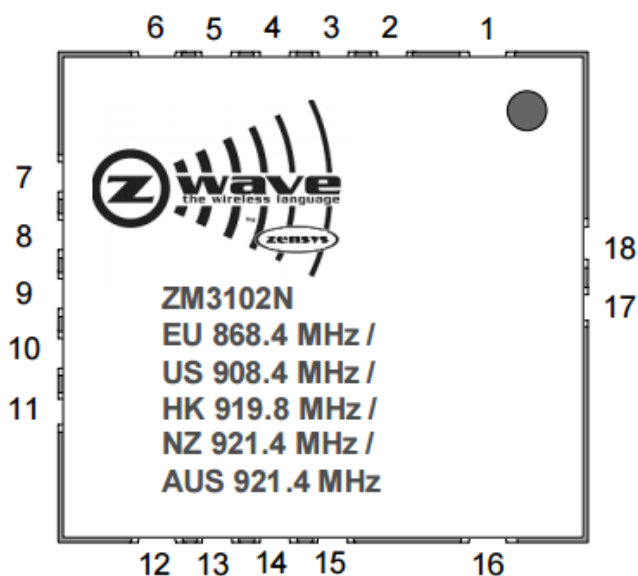
Název ZM3102N není jen tak vymyšlený. *ZM* znamená Z-Wave module (Z-Wave modul), *31* znamená, že modul je založený na chipu ZW0301, *02* znamená velikost modulu, v tomto případě 2cm<sup>2</sup>, *N* znamená, že modul má zářezy, kontakty se dají snadno připájet, viz obr. 31. Šipky ukazují zmíněné zářezy. [10]





Obr. 31 - Modul a jeho I/O kontakty [12]

Protokol Z-Wave je navržen tak, aby automaticky přiřazoval síťové adresy při instalaci. Taktéž umí jednoduché přidávání a odebírání uzlů. Každá Z-Wave síť má svůj vlastní jedinečný identifikátor, který předchází rušení ze sousedních sítí. Z-Wave protokol má dobře definovaný API protokol, ten umožňuje snadný a rychlý vývoj software. Tento protokol není však veřejně dostupný, možnost dostat se k němu lze pouze po zakoupení vývojového kitu od Sigma Designs. [10]

*Popis jednotlivých „zářezů“ v modulu*

Obr. 32 - Číslování I/O modulu [převzato z 10]

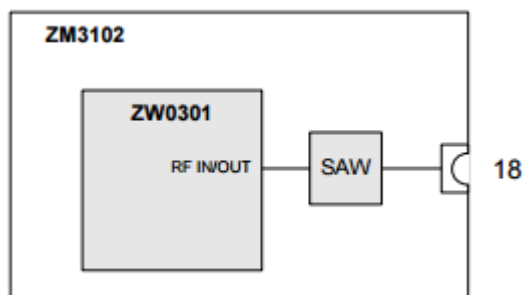
Tab. 5 - Popis I/O modulu ZM3102N

Název	Číslo zářezu	I/O	Popis
ADC[3:0]	10, 13, 14, 15	I	A/Č převodník. Jako referenční napětí se dá použít VCC.
GND	1, 6, 12, 16, 17	POWER	Uzemnění
INT[1:0]	3, 4	I/O	Budící signál.
P[0.1-0.0], P[1.7-1.0]	3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 15	I/O	Vstupy/Výstupy
MISO	7	I/O	Master-In-Slave-Out. Vstup je v Master módu. Zatímco výstup je ve Slave módu.

MOSI	9	I/O	Master-Out-Slave-In. Výstup je v Master módu. Zatímco vstup je ve Slave módu.
PWM	4	I/O	Používá se pro změny frekvence aplikace.
RESET_N	2	I	Reset chipu ZW0301.
RF	18	I/O	RF vstup/výstup.
RXD	10	I/O	UART příjem dat. Podporuje 9,6kbaud, 38,4kbaud a 115,2kbaud.
SCK	8	I/O	SPI clock. Mohou být použity jako master SPI clock výstup nebo jako slave SPI clock vstup.
TRIAC	13	I/O	Řízení pomocí TRIAKU. Řídí stmívací moduly, atd.
TXD	15	I/O	UART vysílání dat. Podporuje 9,6kbaud, 38,4kbaud a 115,2kbaud.
VCC	11	POWER	Napájecí napětí.
ZEROX	14	I/O	Spíná, když sinusoida napětí (120V/230V) protne osu. Používá se pro stmívače.

*RF vstup/výstup*

Modul ZM3102N je vybaven SAW filtrem, který zajišťuje, aby byly vyloučeny nechtěné frekvence a to jak ve vysílání, tak i v přijímání signálů. Anténa se zapojuje do zářezu 18, zde je připojen i filtr, který je zároveň připojený i na chip ZW0301. [10]



Obr. 33 - Připojení SAW filtru a antény [10]

### 9.3 Porovnání sérií 300, 400, 500

Série 500 byla vyvinuta jako upgrade série 300 a 400. Avšak koncový uživatel přímo neuvidí rozdíly mezi těmito generacemi. Avšak bude z výhod čerpat, aniž by o tom věděl.

Série 500 disponuje rychlejší bezdrátovou komunikací a to až o 50%. Dosah čipu je také zhruba o 50% větší. K dalším výhodám patří větší paměť, úspora energie. To znamená, že pokud chip napájíme baterií, tak vydrží až o 67% déle. To jsou největší výhody, základní funkčnost a použití čipu je stále stejné. [11]

## 10 ZÁVĚR

V této bakalářské práci jsem popsal, jaké jsou dnes nejpoužívanější systémy pro chytré domácnosti. Jedná se o systémy, které zajišťují bezpečnost, úsporu peněz, či komfort domácností. Blíže jsem rozebral protokol Z-Wave, jak funguje a komunikuje se zařízeními. Tento systém je velice oblíbený a rozšířený, protože mnoho firem vyrábí koncové zařízení, které komunikují tímto protokolem. Díky společnosti Sigma Designs může tato koncová zařízení vyrábět prakticky kdokoli, jelikož stačí tento modul připojit pomocí dobře popsanych kontaktů a zařízení okamžitě začne komunikovat pomocí Z-Wave protokolu. Samozřejmě je zde nutná znalost programování a znalost co znamenají nejrůznější bity. V tom pomáhá API protokol, který společnost Sigma Designs dává k vývojovým kitům, na základě smlouvy o mlčenlivosti.

Analyzoval jsem možnosti rozšířit tuto síť o Arduino vývojovou desku. Arduino platformu mohu použít jako bránu, která zajistí komunikaci celé sítě. A všechny aktory a moduly budou mít minimálně jednu Arduino komponentu. Síla tohoto řešení je v jeho ceně.

Celou Z-Wave síť jsem si doma zapojil. Řadič a všechny jeho funkce, jako například webové rozhraní funguje. Připojit koncové zařízení se po mnohočetných pokusech podařilo.

Po tomto zkompletování jsem začal pracovat na samotné praktické části práce. Na Arduino Shield, který je připojen na Arduino desku, jsem připojil komponenty jako je například PS/2 rozhraní, na toto rozhraní je připojena obyčejná klávesnice. Program, který je na Arduino desku nahráný rozpozná klávesy, které jsou pomocí klávesnice stisknuty. Navíc je zde nahráný program na rozpoznání hesla. Po stisknutí klávesy ENTER program zhodnotí, zda-li bylo toto heslo zadáno správně, pokud ano, tak rozsvítí zelenou LED diodu a sepne relé. Toto relé je napojeno na Fibaro senzor, ten reaguje na uzemnění vstupu, to zajišťuje relé (propojí zem se vstupem), po tomto uzemnění pošle signál primárnímu řadiči. Ten už podle naprogramované scény udělá žádanou činnost. V mém případě sepne zásuvku, která rozsvítí lampu. Pokud je heslo zadáno špatně rozsvítí se na Arduinu bílá dioda, která svítí po dobu tří sekund.

Směr dalšího řešení bude určitě nahradit Fibaro senzor za modul od společnosti Sigma design. Problém bude v odposlechu komunikace a následném pochopení.

Rozdíl bude především v ceně. Fibaro univerzální senzor je mnohem dražší než modul od Sigma Designs. Posledním krokem bude tento systém naistalovat do reálného prostředí.

## POUŽITÉ ZDROJE A LITERATURA

- [1] Loxone: Smart Home Automation. LOXONE. Loxone: Smart Home Automation [online]. 2015 [cit. 2015-02-12]. Dostupné z: <http://www.loxone.com/cscz/start.html>
- [2] Elektrobock CZ. In: *Elektrobock CZ* [online]. 2014 [cit. 2015-02-12]. Dostupné z: <http://www.elektrobock.cz/cs/inteligentni-dum/text.html?id=34#play>
- [3] INEALS. *INeals: smart home solutions* [online]. 2015 [cit. 2015-02-12]. Dostupné z: <http://www.inels.cz/produkty/inels-bus-system>
- [4] Jablotron: Představení firmy. In: *Jablotron: creating alarms* [online]. 2015 [cit. 2015-02-12]. Dostupné z: <http://www.jablotron.com/cz/o-jablotronu/o-nas/#VIDEO>
- [5] Z-Wave Protocol Overview. *Tampereen teknillinen yliopisto* [online]. 2. vyd. 2006 [cit. 2015-02-12]. Dostupné z: [http://wiki.ase.tut.fi/courseWiki/images/9/94/SDS10243\\_2\\_Z\\_Wave\\_Protocol\\_Overview.pdf](http://wiki.ase.tut.fi/courseWiki/images/9/94/SDS10243_2_Z_Wave_Protocol_Overview.pdf)
- [6] *RASPI.cz*: Raspberry *PI2* [online]. 2015 [cit. 2015-02-12]. Dostupné z: <http://www.raspi.cz/>
- [7] *Arduino* [online]. 2015 [cit. 2015-02-12]. Dostupné z: <http://arduino.cc/en/ArduinoCertified/HomePage>
- [8] Arduino sensor plugin. *MIOS* [online]. 23.3.2014 [cit. 2015-02-21]. Dostupné z: [http://code.mios.com/trac/mios\\_arduino-sensor](http://code.mios.com/trac/mios_arduino-sensor)
- [9] CzANSO. 2010. *CzANSO: blog* [online]. [cit. 2015-05-06]. Dostupné z: <http://blog.czanso.com/tag/ds18b20/>
- [10] *ZM3102N Z-Wave Module Datasheet: Datasheet* [online]. 2007. : 14 [cit. 2015-05-14]. Dostupné z: <http://media.digkey.com/pdf/Data%20Sheets/Zensys%20PDFs/ZM3102N.pdf>

- 
- [11] *Z-Wave 500 series*. [online]. 2015. [cit. 2015-05-14]. Dostupné z: <http://aeotec.com/Z-Wave-500-series-module-chip>
- [12] Digi-Key Electronics. 2015.  
<http://media.digikey.com/Photos/Sigma%20Designs/ZM3102AM-CME1.jpg> [online].  
[cit. 2015-05-17]. Dostupné z: <http://www.digikey.com/>